

# GCr15轴承套圈网带炉淬火光亮性分析

王涛，袁福东，龚海华

随着机械制造业对轴承零件精度和寿命的要求越来越高，轴承零件热处理的质量标准也在逐步提升。行业标准JB/T 1255《高碳铬轴承钢滚动轴承零件 热处理技术条件》已完成修订，2014年10月将发布实施，新标准对外观质量有明确规定，“淬回火后应无磕碰伤、锈蚀、花斑及污物附着，整体外观颜色（银灰、蓝、黑）均匀”。

在网带炉上处理GCr15轴承

套圈时，当零件热处理后硬度、金相组织、变形等均合格的情况下，如何使套圈淬火后表面更易得到均匀的银灰色，存在哪些影响因素，以及需要如何来调控这些因素以达到理想的淬火表面光亮性？笔者以在多家轴承厂家进行热处理光亮性调试过程为例，对影响轴承零件淬火表面光亮性的因素逐一进行分析，以供同行参考。

## 一、套圈热处理工况

轴承套圈热处理的设备主要是网带炉，与其淬火相关的主要结构组成如图1所示。生产时的工况主要包括：热处理设备、工艺、淬火油、热处理零件等，不同厂家的工况也不尽相同。笔者走访过的三家轴承企业热处理工况的具体项目、初生产时的光亮性和调试后的零件表面光亮性如附表所示。

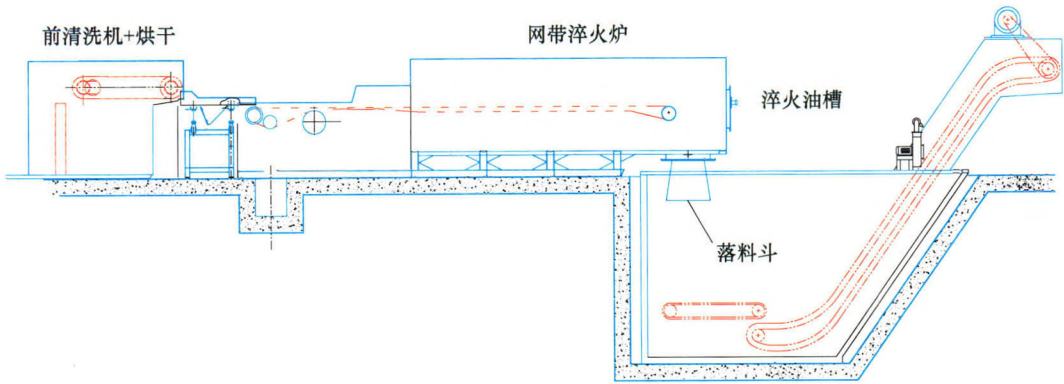


图1 淬火网带炉的组成

不同轴承厂家热处理生产工况和套圈光亮性状况

| 厂家       | A                      | B    | C      |
|----------|------------------------|------|--------|
| 初生产时的光亮性 | 整体发黑                   | 倒角发蓝 | 局部发蓝发黑 |
| 调试后的光亮性  | 灰色                     | 银灰色  | 银灰色    |
| 气氛发生方式   | 甲醇低温裂解                 | 甲醇滴注 | 甲醇低温裂解 |
| 落料口结构    | 斜落料                    | 直落料  | 直落料    |
| 淬火油      | 轴承专用淬火油KR468G          |      |        |
| 炉内碳势（%）  | 0.5~0.7                |      |        |
| 热处理典型工艺  | 825/835/835/825℃×48min |      |        |
| 热处理零件    | GCr15轴承套圈，外径60~150mm   |      |        |

## 二、淬火光亮性影响因素分析

根据上述热处理工况介绍，可从污物烧结或附着和表面氧化两个本质原因来各自分析影响零件淬火后表面光亮性的工艺设备因素。

### 1. 零件表面污物烧结或附着的影响因素

(1) 零件淬火前的清洗情况 零件进淬火炉之前应设有清洗工序，以将零件表面机加工残留的切削油、切削液、防锈剂或防锈油等液体残留物清洗干净，防止加热时经高温反应形成黑斑附着在零件表面，导致淬火时无法去除，影响淬火后表面光亮性；同时，良好的前清洗工艺还能将零件上附着的灰尘和污物等洗去，防止其在高温下烧结后牢固地附着在零件上，或淬火时落入淬火油中污染淬火油，从而影响表面光亮性。

(2) 淬火加热炉的炭黑情况 淬火网带炉使用维护中对光亮性影响极大的一个因素为是否定期烧炭黑。因为随着炉子的连续生产使用，多少都会有一些甲醇裂解不充分和淬火油烟窜入炉膛的情况，使得炉膛内不断积聚炭黑，时间一长炭黑过多必然导致零件在加热时表面状态较差，淬火出来后表面光亮性也就难以好转。因此，淬火炉应按照设备维护要求定期对炉膛进行烧炭黑处理，以除去炉内炭黑，尤其是在零件淬火光亮性不好且网带上炭黑较明显的时候。

(3) 排油烟装置和落料斗结构 淬火油烟是影响套圈光亮性的一项重要因素，因为其既能

附着在零件表面，影响光亮性，也具有一定的氧化性，能与套圈产生轻微的氧化反应影响光亮性。因此，这是一个兼具上述两种原因的影响因素，必须严格控制。一般要求淬火网带炉在其末端即落料口上方设置排油烟装置，将落料斗里的油烟、废气等抽出炉体并通过火焰引燃。

网带炉的落料斗常见形式有直落式和斜落式：直落式适用于处理中小规格的轴承零件，斜落式适用于处理中大规格的轴承零件。从轴承光亮性角度分析，直落式明显优于斜落式，因为斜落料的零件滑入淬火油时会不可避免地溅起大量油珠落到落料板上，之后的零件在落料斗上滑过时端面会由于沾到这些淬火油而极易产生黑斑。而直落料方式则不存在该问题，且油幕帘能够更好地将淬火油烟封住，防止其窜入炉膛，影响炉膛气氛或附着套圈表面而造成套圈光亮性不佳。

直落料式的结构如图2所示。

(4) 淬火油的影响 淬火油

也是影响轴承零件网带炉淬火后表面光亮性的一个重要因素，其影响途径主要有两个：一是淬火油烟，二是淬火油中的杂质，也是一项兼具烧结附着和表面氧化两项原因的影响因素。

对淬火油一般关注以下两点：

第一，淬火油本身的品质。根据淬火油对零件淬火光亮性的影响途径可知，对淬火油本身的品质的要求是：①闪点应尽量高且不易汽化，使得淬火时产生的油烟较少（前提是淬火油油温设置正常）。②淬火油抗热氧化安定性要好。因为网带炉油槽中的淬火油是直接接触空气的，所以在炙热零件的作用下，淬火油易与空气中的氧气或零件带入的氧化物发生作用。若淬火油抗热氧化安定性差，则淬火油极易老化，将产生大量的油泥等氧化物和老化物。一段时间后零件淬火时将有大量杂质悬浮物在零件表面积聚和沉淀，且难以清洗干净，易导致零件淬火光亮度不佳。

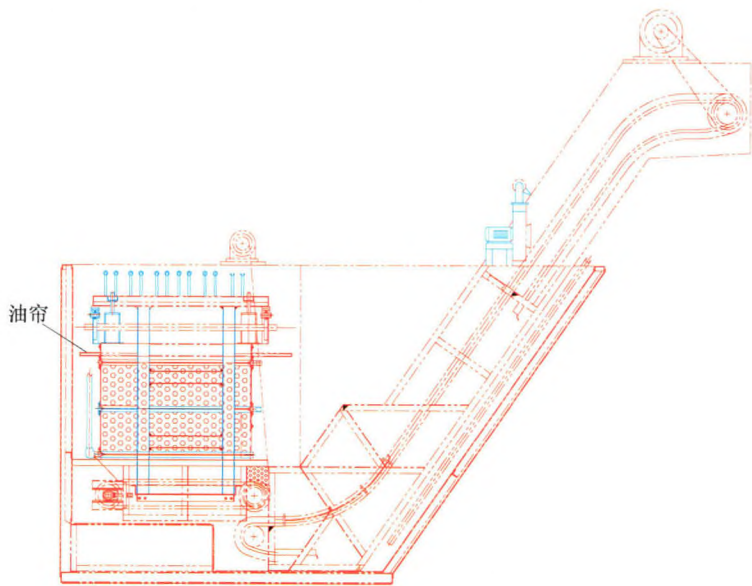


图2 直落料式落料斗结构示意图

众所周知,淬火油中含有光亮剂成分,但人们普遍对光亮剂的作用认识不足,认为光亮剂越多,套圈的光亮性越好。其实光亮剂不同于普通的着色物质(如油漆、颜料),越多越浓效果就越好,其原理是淬火油中通过光亮剂的加入,降低了淬火油对零件表面的润湿性,可阻止油中的杂质微粒附着在零件表面,类似分散剂的作用。

第二,淬火油中油泥、油渣等杂质的多少。淬火油在热处理生产应用过程中,需对其进行正确的使用和维护,否则也会由于维护不当使得其对零件的淬火光亮性造成不佳影响。应防止水分、粉尘和炭黑等杂质的进入,合理设置并确保淬火油油温,定期对淬火油进行除炭黑、除杂质等过滤清洁处理,确保淬火油中杂质较少,否则会导致零件在油中淬火冷却时因油泥、油渣附在表面,影响淬火光亮性。

## 2. 零件表面氧化影响因素

(1) 淬火加热炉的气密性影响 若密封性不好导致漏气,使空气进入炉内,氧化性气体(主要是 $O_2$ )使零件产生氧化,表面变成蓝褐色或灰黑色。容易漏气的情况如落料口区域密封不好或密封垫老化,以及辐射管、碳势仪、测温热电偶等周边区域,漏气较重时易于发现查找,而若是轻微漏气,则需仔细排查方可发现问题。

(2) 淬火加热炉的使用维护 淬火加热炉使用维护不当或出现故障时也有可能影响零件的淬火光亮性。如加热炉的均温风机因故障停转,导致炉内温度、气氛不均匀;又如甲醇滴注口炭

黑过多甚至堵塞,液体甲醇裂解不充分,导致炉膛内积炭过多;又或裂解气流量过多,导致液体甲醇未经裂解就直接滴到零件表面产生软点和黑斑,影响光亮性。

此外,冷炉升温开炉时,需尽量将炉内的空气排尽,即加大排气量,且合理设置保护气的进气口,防止死角处的空气难以排出。由于一般难以迅速将炉内空气排尽,因此轴承零件常在网带炉连续生产一定时间后光亮性才逐渐好转。

(3) 淬火加热工艺 淬火加热工艺包含的参数较多,如各区加热温度、加热时间、零件摆放方式、炉内气氛选择、碳势设定、油温设定以及其他设备参数的选用等。其中与光亮性关联较大的参数主要为炉内气氛和碳势设定,下面主要就这两项工艺参数进行分析:

第一,炉内气氛。目前,轴承零件采用网带炉热处理时的炉内气氛最常见的是甲醇滴注或低温裂解作为保护气氛,其他的气体发生方式如甲醇+丙烷或氨基气氛(氮气或氨气+甲醇裂解气)。

甲醇作为发生气时,保护气氛受甲醇纯度影响大,当其纯度高、水分含量低时,零件易呈均匀的亮灰色,否则零件呈黑色、蓝色,光亮性差。按照国家标准《工业用甲醇》(GB 338—2011)的规定,合格品的水分含量(质量分数,下同)应 $\leq 0.2\%$ ,一等品的水分含量应 $\leq 0.15\%$ 。

第二,碳势设定。甲醇+丙烷作为发生气时,甲醇为载气,采用滴注或低温裂解的方式通入

炉膛,丙烷为富化气。需要注意碳势的设定和两者的通入比例,气氛碳势过高和过低都不合适。

当温度一定时,碳势随着氧化性气氛 $CO_2$ 、 $H_2O$ 的增加而降低,随着还原性气氛 $H_2$ 、 $CH_4$ 、 $CO$ 的增加而增加。因此,制订热处理工艺时碳势设定不得过低;当然,过高的碳势设定既浪费资源,又容易使炉膛内造成大量积炭,对光亮性也不利。因此,根据GCr15材料成分和特性,考虑到其奥氏体的含碳量为0.6%左右,碳势设定的较佳选择是0.5%~0.7%。

## 三、光亮性调试实例

由于影响套圈淬火光亮性的因素较多,我们在遇到此类问题时,最好采用排除法:即对能够验证的项目因素进行验证,若合格,则排除该因素的影响;若不合格,则立即整改,直至合格。如此逐项进行排除或整改,有利于快速找到问题的真正原因并予以解决。

### 1. 实例一:碳势不足

厂家A的主要工况如附表所示,初次生产时光亮性不佳,如图3所示。主要解决措施包括:

(1) 取样检测甲醇纯度,含水0.1%,合格。

(2) 淬火油检测合格。

(3) 调整气氛,将炉内碳势设定从0.45%提高到0.52%,零件颜色有明显好转,典型图片如图4所示。

### 2. 实例二:淬火油进水

厂家B的主要工况见附表,初次生产时光亮性不佳。主要解决措施如下:

(1) 调整气氛发生装置 之前甲醇采用空气泵打的方式通入炉膛内，改成滴注方式，颜色有所好转，但尚不均匀。

(2) 检查淬火油 检测发现淬火油中水分含量超标（标准要求 $\leq 0.06\%$ ），实际达到了 $0.1\%$ 。经排查找到了进水原因，为零件淬火后落入清洗槽时溅起的清洗液经过淬火提升网带下的挡板流入淬火油槽中，经过加热，水分处理合格。

(3) 结果 经采取上述两项措施后，套圈淬火光亮性达到了厂家的技术要求，实现了热处理后免去抛丸工序的目标，现场零件如图5所示。

### 3. 实例三：淬火油烟控制不力

厂家C的主要工况如附表所示，初次生产时光亮性不佳。主要解决措施如下：

(1) 检查淬火油 各项性能指标正常。

(2) 排查油帘 调整油帘大小时光亮性有明显变化，且变化规律异常：开起油帘光亮性差，关闭油帘光亮性反而要好。因此，确定问题的主要原因是淬火油烟未控制好。

(3) 结果 经厂家C与设备厂家沟通，停炉后将油帘和落料斗装置拆卸整修，并增加了排油烟装置，重新安装生产后光亮性达到较好的程度，满足了技术要求，现场零件如图6所示。

## 四、结语

(1) 影响GCr15轴承套圈网带炉淬火后表面光亮性的本质原因有两类：零件表面有污物烧结

或附着；零件表面有轻微的氧化反应。

(2) 不同工况下表面光亮

性问题的具体影响因素很可能是不同的，可按照排除法由易到难进行逐项检查。

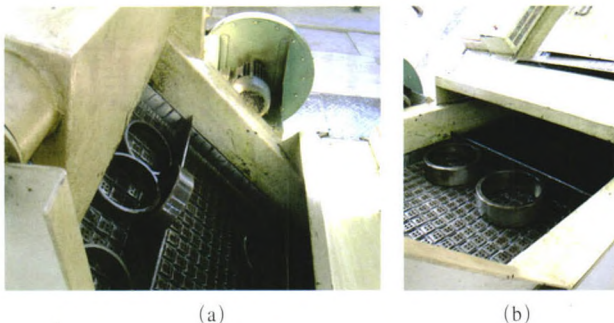


图3 厂家A的淬火后零件（调整工艺前）



图4 厂家A的淬火后零件（调整工艺后）

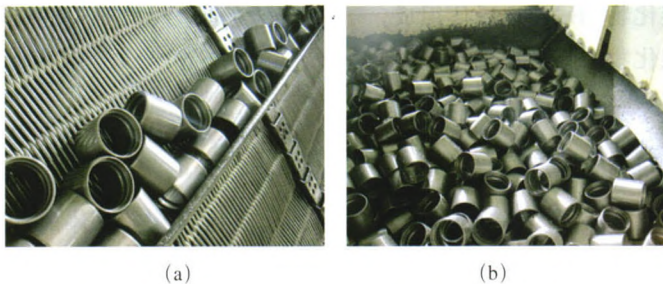


图5 厂家B的淬火后零件（气氛调整和淬火油除水后）

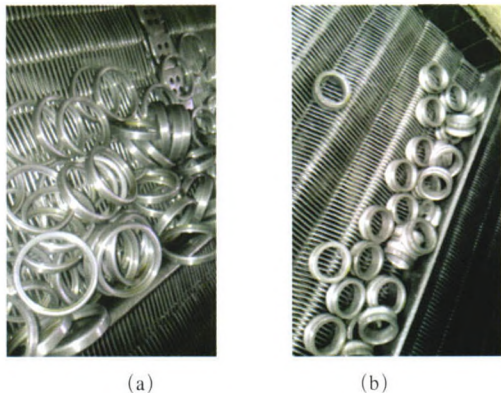


图6 厂家C的淬火后零件（油帘和抽油烟装置整修后）

作者简介：王涛、袁福东、龚海华，南京科润工业介质股份有限公司。

MW 20140829